

ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу Мохаммеда Кадіма Аміна Мохаммеда

«Перерозподіл енергії та еволюція фазових сингулярностей при дифракції вихрових світлових пучків»

подана на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.05 – оптика, лазерна фізика

Актуальність теми дослідження: Дисертація належить до актуального напрямку досліджень присвячених вивченню структури розподілу енергії світлових пучків при розповсюдженні в просторі. Вивчення та встановлення закономірностей впливу циркуляційної природи внутрішніх потоків енергії на процеси дифракції світлових пучків з оптичними вихорами (ОВ) та визначення проявів циркуляційних потоків у картині дифракції на прямолінійних структурах дозволяє говорити про подальшу розробку на цій основі методів дифракційної діагностики властивостей ОВ.

Звичайні вихрові пучки мають циркулярну симетрію відносно осі поширення, і тому процеси поперечної циркуляції енергії (ПЦЕ) ніяк не проявляються у змінах спостережуваної форми пучка; циркуляція енергії відбувається "приховано". Щоб її візуалізувати, можна піддати пучок перетворенню, яке руйнує його кругову симетрію – тоді еволюція форми пучка при подальшому поширенні дасть інформацію про поперечні переноси енергії. Найбільш безпосередні та явні прояви циркуляції енергії у вихрових пучках можна побачити в процесах дифракції; при цьому дифракція на прямолінійному краї екрану і на прямолінійній щілині становить особливий інтерес з огляду на математичну доступність, простоту експериментальної реалізації та можливість прозорої і наочної інтерпретації. Але відомі дослідження дифракції вихрових пучків та її відмінностей від дифракції звичайних пучків без сингулярностей, є фрагментарними і залишають багато відкритих питань, зокрема, щодо формування і еволюції дифрагованого пучка. Тому започатковане систематичне дослідження становить необхідний крок у вивченні фізичних властивостей ОВ і є актуальним для оптики світлових пучків.

Актуальність даних досліджень також підтверджується тим, що дисертаційна робота виконувалась на кафедрі експериментальної фізики та в НДІ фізики ОНУ імені І.І. Мечникова в рамках наукових тем "Дослідження просторової структури і фізичних характеристик вихрових пучків світла отриманих за допомогою голографічних елементів" (2009–2011 рр., державний реєстраційний номер 0109U000942), "Фотоніка світлових полів та конденсованих середовищ з наноструктурами, їх взаємодія та трансформація у

фізичних полях" (2012–2014 рр., 0112U001741) та "Формування та характеристики внутрішніх потоків енергії у світлових полях складної просторової структури" (2015 р., 0115U003205).

Наукова новизна, оцінка обґрунтованості наукових положень дисертації та їх достовірності: Новизна наукових положень дисертаційного дослідження Мохаммеда Кадім Амін Мохаммед полягає в тому що вперше отримано цілу низку наукових результатів, що полягають у:

1. Встановлені закономірності формування і еволюції амплітудно-фазового профілю ЛГ пучка з багатозарядним ОВ після дифракції на різкому прямолінійному краї. Описана динаміка "сингулярного скелета" (сукупності сингулярних точок розподілу фази) в дифрагованому пучку: розпад багатозарядних осьових ОВ, траєкторії міграції вторинних ОВ по поперечному перерізу пучка, їх локалізація в дальній зоні.

2. Аналітично і за допомогою чисельного аналізу підтверджено та узагальнено явище регенерації осьового ОВ при дифракції вихрових пучків. Встановлено, що, незалежно від того, наскільки повно екран перекриває падаючий ЛГ пучок з m -зарядним ОВ, в дальній зоні дифрагованого пучка існують $|m|$ однозарядних вихорів того же знаку, що й початковий ОВ падаючого пучка. Для дифракції вихрових ЛГ пучків 1-го, 2-го і 3-го порядків знайдена залежність положення регенованих ОВ від ступеня перекриття падаючого пучка екраном.

3. Встановлено, що при крайовій дифракції вихрового ЛГ пучка в дальній зоні формується розподіл інтенсивності, симетричний відносно осі, паралельній краю екрана, а всі фазові сингулярності розташовані на осі симетрії. Координати окремих ОВ, як і інших характерних точок поперечного профілю пучка, однозначно пов'язані зі взаємним розташуванням падаючого пучка і краю екрану.

4. Розроблена аналітична теорія взаємного перетворення вихрової та невихрової форм поперечної циркуляції енергії при крайовій дифракції ЛГ пучків на різкому краї, заснована на моментах функції Вігнера (моментах інтенсивності) та концепціях вихрового і невихрового (асиметричного) ОКМ. Концепції вихрового та невихрового ОКМ вперше поширені на пучки, сформовані "жорсткою" апертурою, амплітуда яких спадає обернено пропорційно поперечній відстані, і для яких традиційні визначення моментів непридатні.

5. Запропоновано та експериментально апробовано метод експрес-діагностики і візуалізації поперечної циркуляції енергії в ОВ пучках, що використовує дифракцію на широкій щілині.

Сформульовані тема дисертації, мета роботи та наукова новизна дозволяє зробити висновок про актуальність та практичну цінність проведених досліджень, зумовлених

необхідністю розуміння впливу проявів циркуляційних потоків енергії у картині сформованій після дифракції.

Основний зміст дисертаційного дослідження структурований за розділами та підрозділами. Висновки є достатньо аргументовані та носять важливий теоретичний та прикладний характер. Оцінюючи обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій в цілому, що сформульовані у дисертації, можна відзначити високий рівень теоретичного та методичного опрацювання автором головних аспектів досліджуваної теми.

Практична значимість результатів дослідження визначається тим, що розроблена аналітична теорія взаємного перетворення вихрової й невихрової форм поперечної циркуляції енергії при дифракції ЛГ пучків на різкому краї та щілині, що використовує моменти функції Вігнера (моменти інтенсивності) та концепції вихрового і невихрового ОКМ. Ця теорія дозволяє застосувати апарат моментів інтенсивності до пучків, обмежених апертурою, і демонструє істотне розширення можливостей метода моментів.

Теоретично та експериментально показано, що картини дифракції на прямолінійному краї та щілині, ширина якої близька до ширини світлого кільця вихрового пучка, можуть використовуватись для візуалізації поперечної циркуляції енергії в пучку. На цій основі запропоновано і експериментально апробовано метод експрес-діагностики хвильового фронту та внутрішніх потоків енергії в пучках з ОВ, який не тільки надає зручні можливості наближеного визначення форми хвильового фронту ОВ пучків, але може служити також для вимірювання параметрів циркуляції енергії та для аналізу морфологічних особливостей початкового ОВ.

ЗАУВАЖЕННЯ ДО ДИСЕРТАЦІЇ

Не дивлячись на новизну, актуальність та можливі практичні застосування дисертаційна робота Мохаммеда Кадім Амін Мохаммед містить деякі недоліки виражені у манері подачі результатів досліджень, що пояснюється тим, що українська та російська мови не є його рідними, а є для нього іноземними. Проте є також зауваження до вживання дисертантом деяких термінів які не є вірними, або погано передають зміст отриманих результатів і ускладнюють розуміння отриманих результатів.

1. В назвах 2-го, 3-го та 4-го розділів, у висновках та інколи в тексті фігурує термін «краевая дифракция» який не є вірним, а вірним є «дифракция на краю». Також в тексті фігурує термін «щелевая дифракция», наприклад підпис до рис.5.4 та висновки розділу 5, який також не є вірним, правильно буде «дифракция на щели».

2. На розподілах еквіфазних ліній, наприклад на рис.2.3 лінії рівної фази задаються через 1 рад, що, мені здається, не дуже зручно, так як в цьому випадку розподіл заповнюється лініями не рівномірно. Зазвичай розподіл фази кодують у діапазонах від 0 до 2π або від $-\pi$ до π , тому більш доцільно використовувати еквіфазні лінії у долях від π .
3. У висновках до розділів не доцільно використовувати власні умовні скорочення та означення, які ускладнюють розуміння. Наприклад висновки до розділу 3 2-й абзац 2-е речення «...в условиях «слабой» дифракции, когда экран лишь слегка «касается»...», так як не зрозумілі критерії оцінки, для «слабой» та «слегка «касается»».
4. У висновках не повинно бути слів які піддають сумніву власні результати. Наприклад висновки до розділу 3 3-й абзац 2-е речення «...по-видимому, позволяет обобщить...»
5. Висновки до розділів викладені досить узагальнено і ускладнюють розуміння отриманих результатів для не фахових спеціалістів. Наприклад частина висновку до розділу 5 2-й абзац 3-є речення «Вместе с тем, даже в самом простом варианте, способ может быть полезен для «первичной» грубой диагностики обычных ОВ пучков.» не дає розуміння для діагностики яких параметрів пучків із оптичним вихором даний спосіб є корисним.

Приведені зауваження не зменшують наукову цінність дисертації Мохаммеда Кадім Амін Мохаммед яка безумовно є фундаментальним науковим дослідженням в області оптики та лазерної фізики. Отримані в роботі результати дозволяють говорити про виконання основних поставлених завдань, а самі результати свідчать про широкі можливості запропонованого підходу. Результати роботи становлять інтерес для фахівців та установ, діяльність яких пов'язана з дослідженнями та розрахунками в області оптики.

Робота виконана на високому науковому рівні і добре поєднує теоретичні розрахунки та експериментальні дослідження. Отримані результати є достовірними пройшли апробацію та схвалені міжнародною науковою спільнотою на міжнародних конференціях та в провідних наукових журналах.

Вважаю, що дисертаційна робота **Мохаммеда Кадім Амін Мохаммед** відповідає вимогам МОН України до кандидатських дисертацій, зокрема, п. 11, 9 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013

